

### Internet stvari

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU



#### Diplomski studij Računarstvo

Znanost o mrežama Programsko inženjerstvo i informacijski sustavi

Računalno inženjerstvo

#### Informacijska i komunikacijska tehnologija

Automatika i robotika

Informacijsko i komunikacijsko inženjerstvo

#### Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Audiotehnologije i elektroakustika Elektroenergetika

(Izborni predmet profila)

1. Općenito o Internetu stvari: osnovni pojmovi, arhitektura i područja primjene

Ak. god. 2022./2023.

Internet stvari

# Sadržaj

- Umreženi uređaji i Internet stvari (engl. Internet of Things, IoT)
- Područja primjene
- Programske platforme za IoT
- Referentne arhitekture



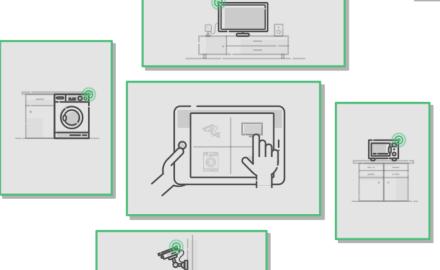
### IoT danas

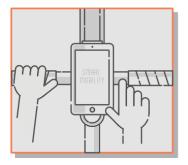
Veliki broj umreženih heterogenih uređaja





"Pametne" okoline

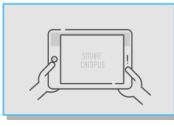














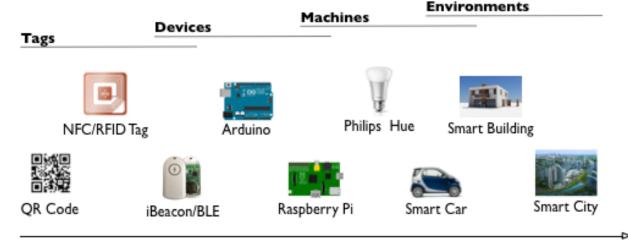
Specijalizirane programske platforme: ~400



### Umreženi uređaj ("stvar")

- Objekt iz fizičkog svijeta ili virtualnog digitalnog svijeta (virtualni objekt)
  - ima jedinstveni identifikator i povezan je na Internet (direktno ili putem posrednika)

    Environment
  - senzor: opažanje okoline,
  - potencijalno kontinuirano generira podatke
  - aktuator: može izvršiti određene funkcije

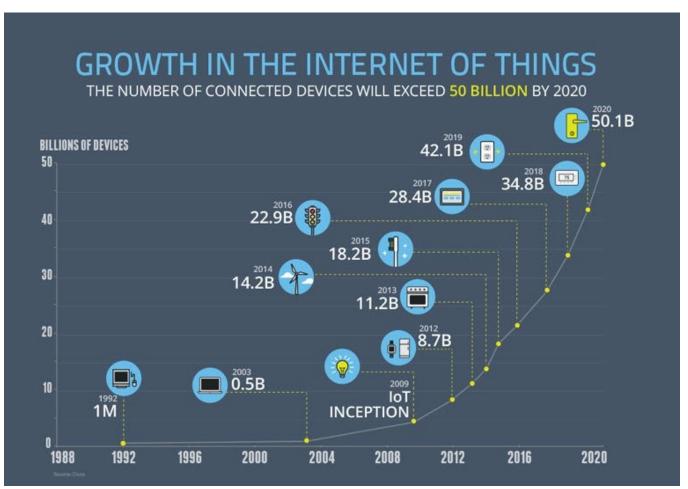


Computational power and complexity

Source: Building the Web of Things: book.webofthings.io Creative Commons Attribution 4.0



### Broj stvari povezanih na Internet

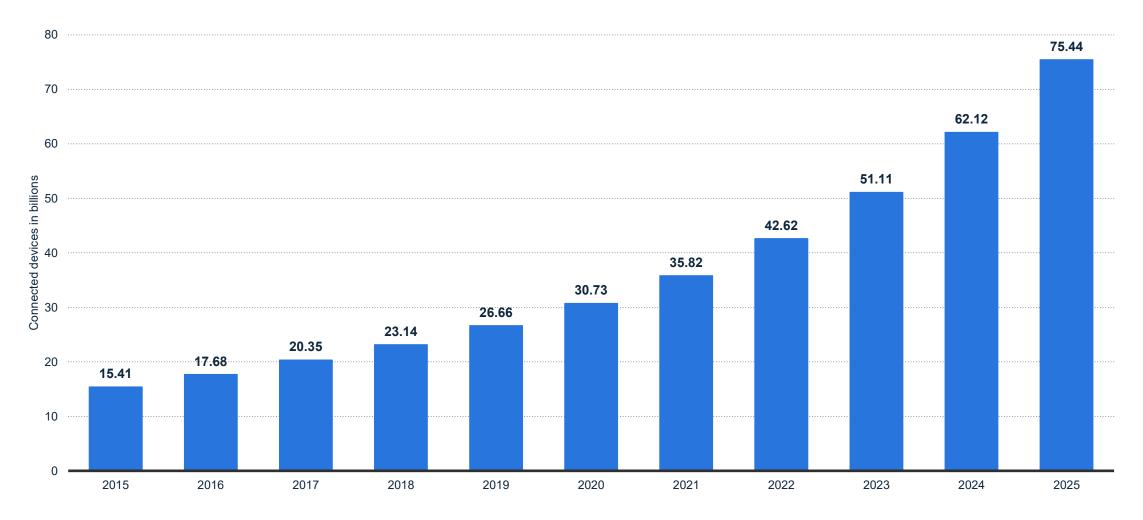


Izvor: Cisco Internet of Things Infographic (2016)



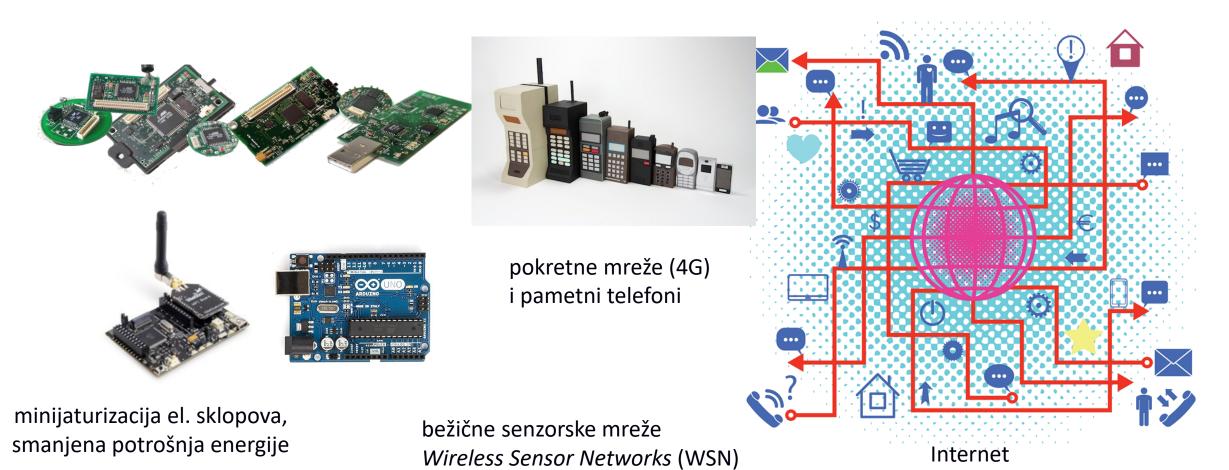
## Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 (in billions)

Internet of Things - number of connected devices worldwide 2015-2025



Internet stvari 27.02.2023. 6 od 29

### Kako smo stigli do IoT-a?





### Internet of Things (IoT): definicija

ITU-T Recommendation Y.2060, 06/2012:

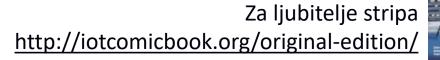
- A global infrastructure for the information society, enabling **advanced services** by **interconnecting (physical and virtual) Things** based on, existing and evolving, interoperable information and communication technologies.
  - Through the exploitation of identification, data capture, processing and communication capabilities, the IoT makes **full use of things to offer services to all kinds of applications**, whilst ensuring that **security and privacy** requirements are fulfilled.
  - In a broad perspective, the IoT can be perceived **as a vision with technological and societal implications**.



# Područja primjene

Smart Home	Smart Lighting
	Smart Appliances
	Intrusion Detection
	Smoke/Gas Detectors
	Energy Management
Smart City	Smart Parking
	Waste Management
	Smart Lighting
	Emergency Response
Enviro nment	Weather Monitoring
	Air Pollution Monitoring
	Noise Pollution Monitoring
	Forest Fire Detection

Retail	Inventory Management	
	Smart Vending Machines	
	Smart Payments	
Logistics	Fleet Tracking	
_	Shipment Monitoring	
	Remote Vehicle Diagnostics	
	Route Generation and Scheduling	
Industry	Machine Diagnosis	
	Object Tracking and Process Automation	
Agriculture	Smart Irrigation	
7.8	Crop Monitoring	





In smart or connected homes, devices including thermostats, smoke detectors, light bulbs, appliances, entertainment systems, and security systems, are linked via WI-Fi and controlled using smartphone apps. Today, a fully connected home requires multiple IoT products and apps.

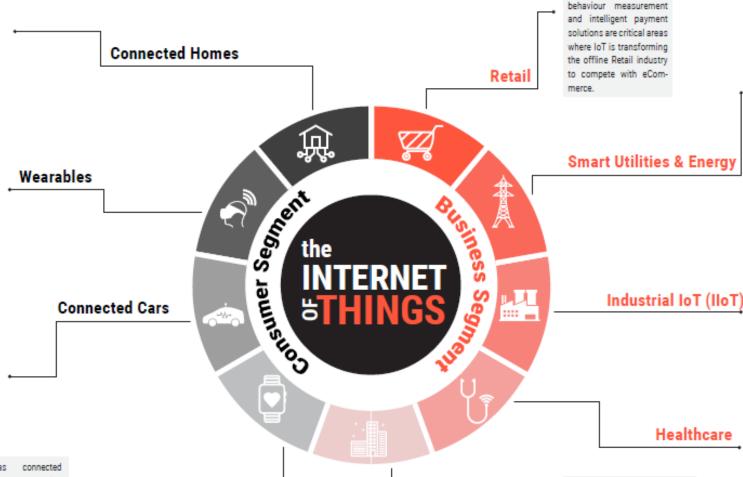
A disruptive product category of devices that measure, monitor and analyse daily human activity and vital statistics. Wearables account for a majority of consumer-facing IoT implementations.

Whether self-driven or driver assisted, connected cars are about to become a disruptive service industry of automated fleets. Interconnectivity, mapping services and traffic analysis are the areas that will drive future research in this field.

Izvor:
Statista,
Market Pulse
Report IoT,
April 2017

loT has connected healthcare systems using smart medical devices that enable preventative care and boost well-being. Beyond fitness tracking wearables, these devices will have countless pathological and therapeutic uses.

Personal Health



Worldwide efforts to raise ecological awareness accelerated the implementation of IoT in areas including: smart water management and smart grids, that reduce wastage, improve efficiency, reliability and the economics of energy

management.

Proximity-based advertis-

ing, in-store shopping

Industries such as oil and gas are using IoT to optimise oilfield production. Telecom vendors have introduced predictive fault management processes to drive bandwidth provision to the home. Truck manufacturers increased customer satisfaction and introduced new revenue streams with sensor based predictive maintenance.

Healthcare IoT is used for real-time patient monitoring and prevention care using wearable devices. Hospitals use IoT to track the location of medical devices, personnel and patients with the ability to extend preventive care beyond the hospital premises.



**Smart Cities** 

Leveraging

connectivity, big-data and

analytics, and funded by smart

city initiatives, public utility

areas i.e. traffic management,

water distribution, waste

management, urban security

and environmental monitoring

are being transformed.

ubiquitous

### Koncept pametnog grada



Umreženi uređaji i inovativne IKT usluge su pokretači razvoja održivih i tehnološki naprednih gradova u službi građana i gradskih službi.

- Javni prijevoz
- zraka
- Parkiranje
- Pametna rasvjeta
- Gradski promet
- Energetska učinkovitost
- Zbrinjavanje otpada
- Nadzor prometnica
- Mjerenje buke, kvalitete
- Upravljanje prometom



# Kako integrirati "stvari" i ponuditi inovativne aplikacije korisnicima?

- Pomoću programskih platformi (IoT-platforma) koje integriraju i upravljaju uređajima
  - uređaji: često imaju vrlo ograničene resurse te su povezani na Internet putem prilaznog uređaja (engl. gateway)
  - potrebno je objediniti i na jedinstveni način zapisati podatke primljene iz različitih izvora
  - potreba za obradom velike količine podataka (često u stvarnom vremenu)
  - raspodijeljeni sustav velikih razmjera
  - Web of Things: koncept koji povezuje uređaje direktno na WWW (tehnologije vezane uz protokol HTTP)

**Business Value** 

**Data Analytics** 

Core Platform

Connectivity

Thing

High-level IoT Stack



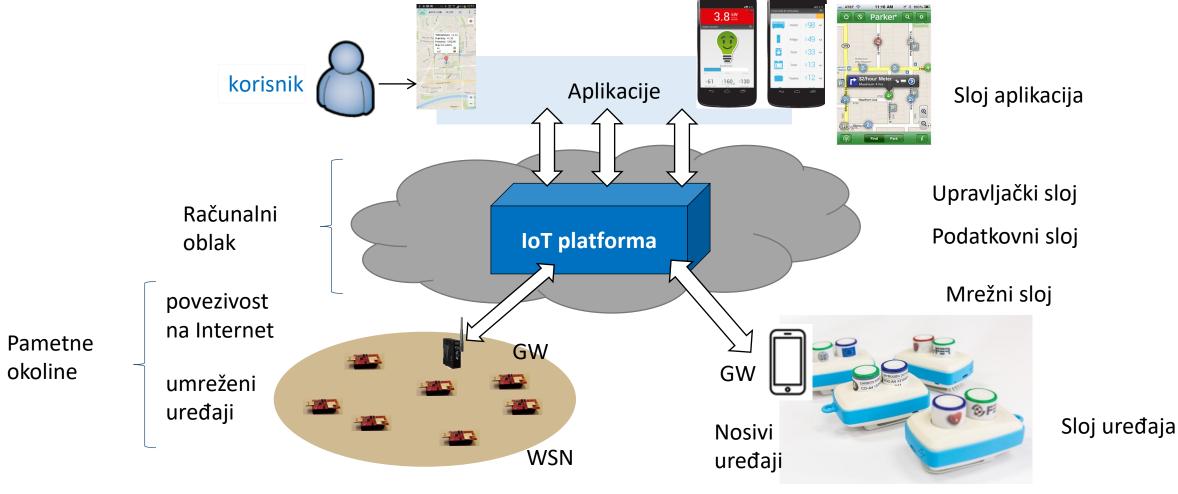
### Okolina IoT-a

- pametna okolina integrira veći broj umreženih uređaja pomoću jedinstvene programske platforme kako bi se korisniku ponudile inovativne aplikacije (mobilne ili web aplikacije), npr. pametna kuća/ured/tvornica, pametan kampus, itd.
- računani oblak: pohrana i obrada podataka iz pametne okoline
- danas su na raspolaganju pretežno izolirana rješenja jednog ponuđača usluge u području IoT koji postavlja i integrira infrastrukturu u "pametnoj okolini", podaci iz pametne okoline prikupljaju se u računalnom oblaku, pametnom okolinom se upravlja iz računalnog oblaka, a korisniku nude mobilne/web aplikacije za upravljanje vlastitom pametnom okolinom



Internet stvari

### Pojednostavljena arhitektura Interneta stvari





### Generički model (osnovni) IoT-sustava

Vizija IoT-a prema Web of Things



korisnički proces



komunikacijski kanal  $C_{ii}$ 



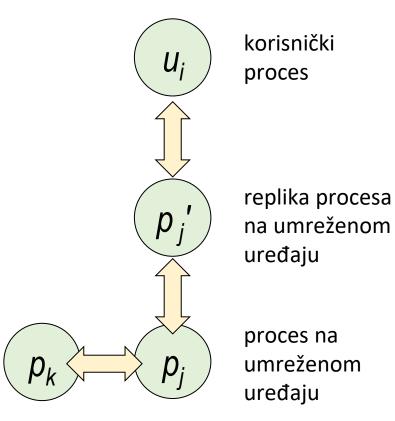
proces na umreženom uređaju

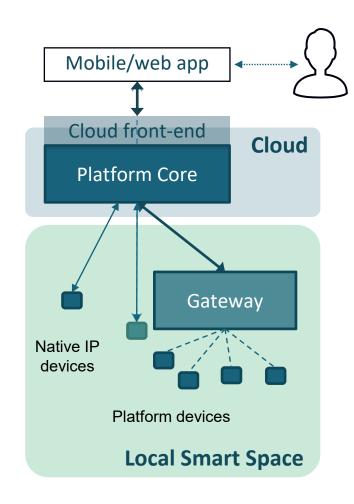
- Raspodijeljeni sustav vođen događajima, modelira se I/O automatom
  - $u_i \in U$ : U je konačni skup korisnika
  - $p_i$ ∈P: P je konačni skup uređaja
  - mogući događaji: sense, actuate, send reading
  - send reading je uvjetni događaj, posljedica sense



### Programske platforme za IoT

Prošireni model IoT-sustava



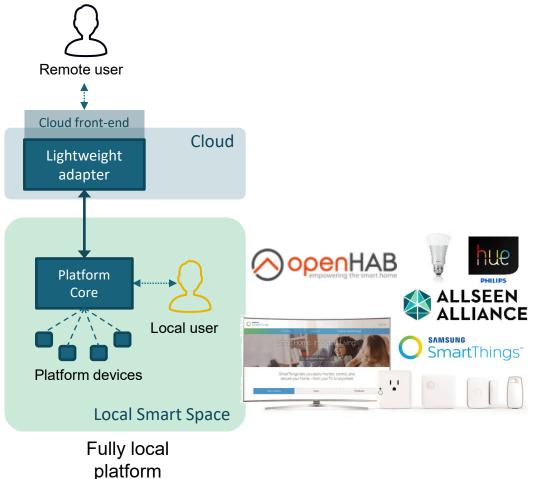


Virtualni entitet predstavlja stvarni uređaj

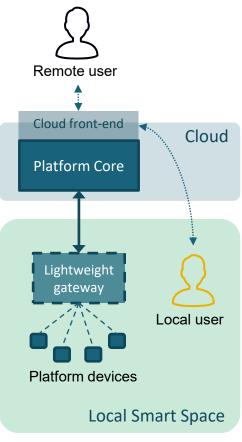
- programska platforma održava metapodatke o uređajima
- pohranjuje senzorska očitanja, stanja aktuatora, obrađuje podatke



### Vrste programskih platformi







Fully cloud-based platform











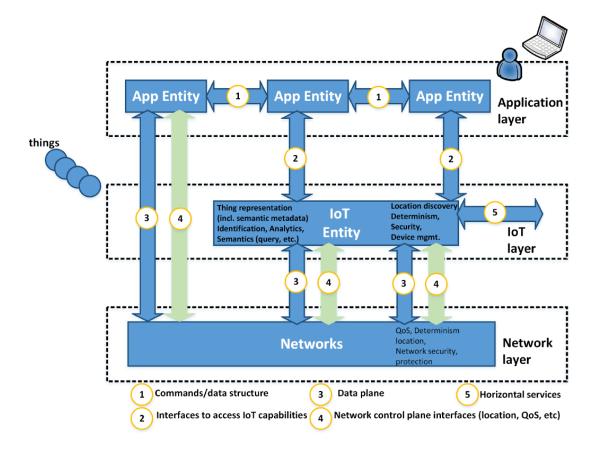
27.02.2023. 17 od 29 Internet stvari

### Referentne arhitekture (1/2)

#### **AIOTI HLA functional model**

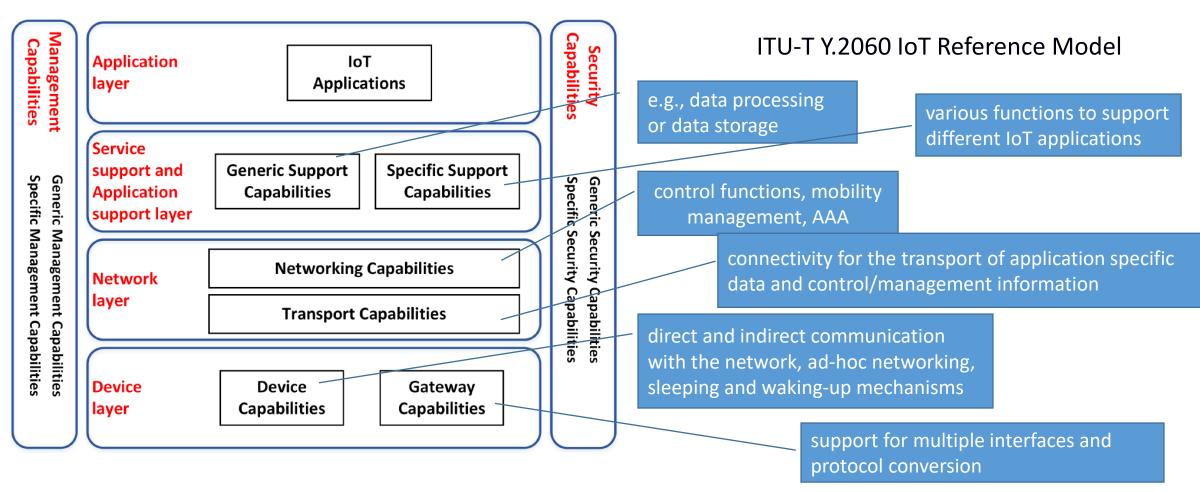
Konzorcij: Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI)

High Level Architecture (HLA)



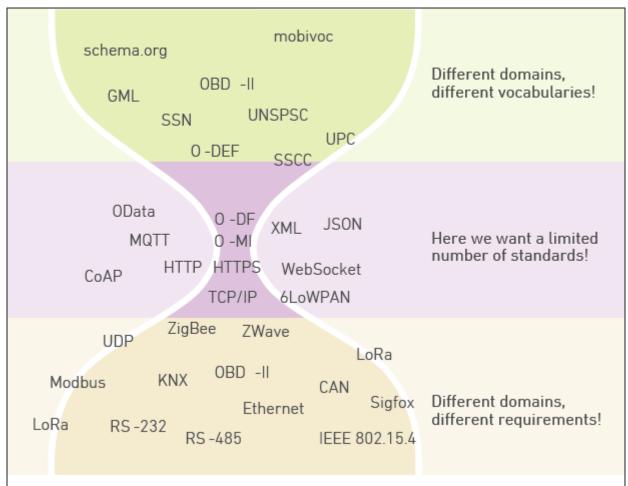


### Referentne arhitekture (2/2)





### Različiti standardi i standardizacijska tijela





Web of Things at W3C











Izvor: IoT-EPI whitepaper, Advancing IoT Platforms Interoperability, 2018.



### Izazovi IoT-a (1/2)

- Heterogeni uređaji i izvorni podataka, različiti protokoli
  - potrebno je osigurati interoperabilnost, uniforman pristup svim podacima
- Kontinuirano se generira velika količina podataka (Big Data) s obzirom na veliki broj izvora podataka
  - potreba za skalabilnom obradom i filtriranjem podataka u stvarnom vremenu
- Veliki broj uređaja koje je potrebno održavati
  - omogućiti pronalaženje uređaja, jednostavno povezivanje novih uređaja na Internet i samokonfiguracija stvari u "pametne okoline"
- Sigurnost i privatnost
  - veliki izazov za komercijalna rješenja, sigurnosni problemi u fizičkoj domeni (potencijalno mogu ugroziti ljudski život)
- Implementacija različitih poslovnih modela, modeli naplate
  - u inicijalnoj fazi, više na nivou ideje nego implementacije



### Izazovi IoT-a (2/2)

- Dinamične i prilagodljive aplikacije u skladu s kontekstom korisnika
- Fragmentacija tržišta
  - nova mobilna aplikacija za svaku umreženu stvar ili pametnu okolinu
- Integracija različitih vertikalnih rješenja u jedinstvenu IoT platformu
  - danas su na raspolaganju pretežno izolirana rješenja jednog ponuđača usluge u području IoT koji postavlja i integrira infrastrukturu u "pametnoj okolini" i nudi korisniku mobilne aplikacije za tu okolinu



### Otvorena pitanja

#### Sigurnost

• Symantec 2018 Internet Security Threat Report (ISTR): broj napada na IoT uređaje je porastao 600 puta u 2017. u odnosu na 2016.

#### Privatnost

 Povećan je rizik povrede privatnosti i gubitka osobnih podataka, korisnici sve više postaju svjesni vrijednosti osobnih podataka te žele kontrolirati tko koristi njihove podatke (podatkovni suverenitet)

#### Skalabilnost

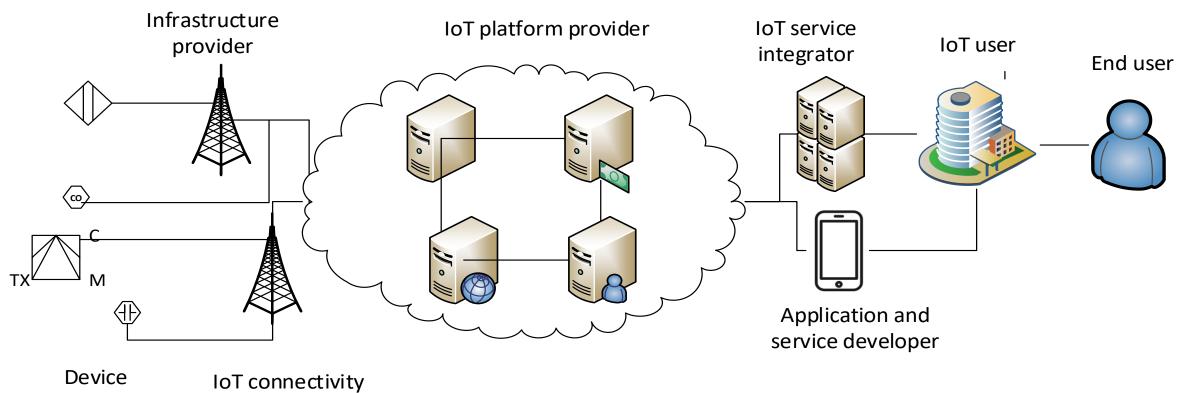
• Neće biti moguća bez interoperabilnih programskih rješenja

#### Decentralizacija

 Povjerenje (trust) postaje ključno za korisnike, trend primjene računalnih resursa "na rubu mreže" i tehnologije blok-lanca



# Lanac vrijednosti za IoT





oT connectivity provider

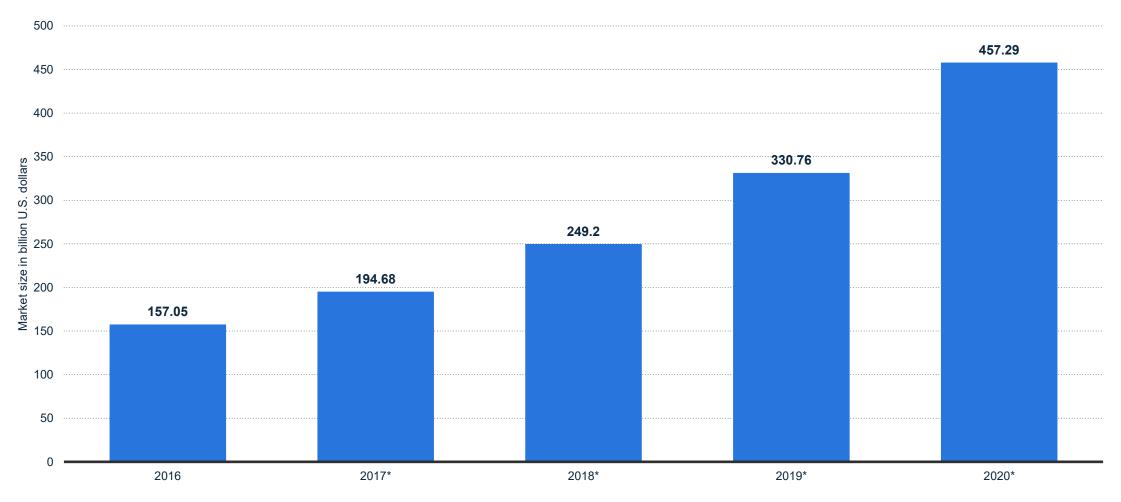
https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/415



### Tržišni potencijal

Size of the IoT market worldwide from 2016 to 2020 (in billion U.S. dollars)

Global IoT market size 2016-2020

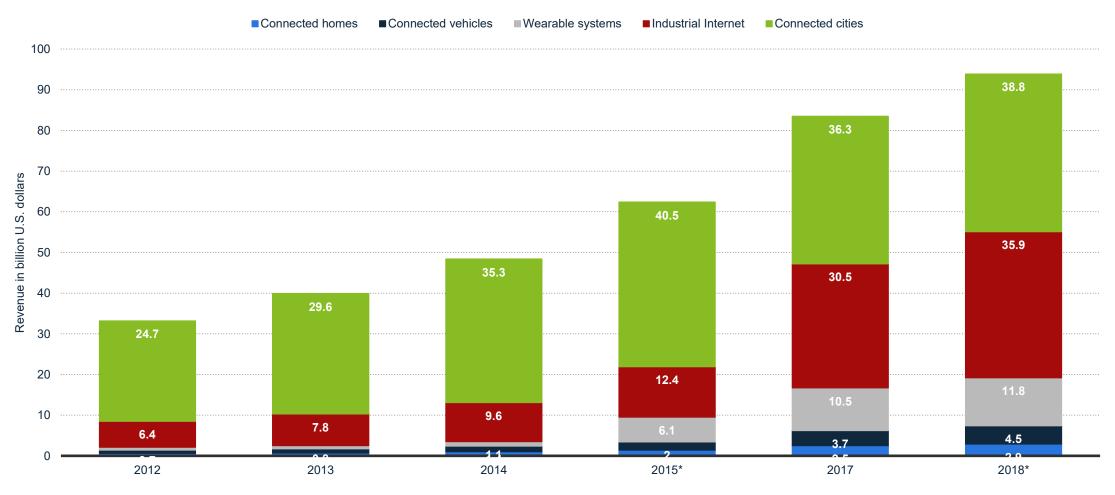


Izvor: Statista

Internet stvari 27.02.2023. 25 od 29

### Revenue of Internet of Things subsystems worldwide from 2012 to 2018 (in billion U.S. dollars)

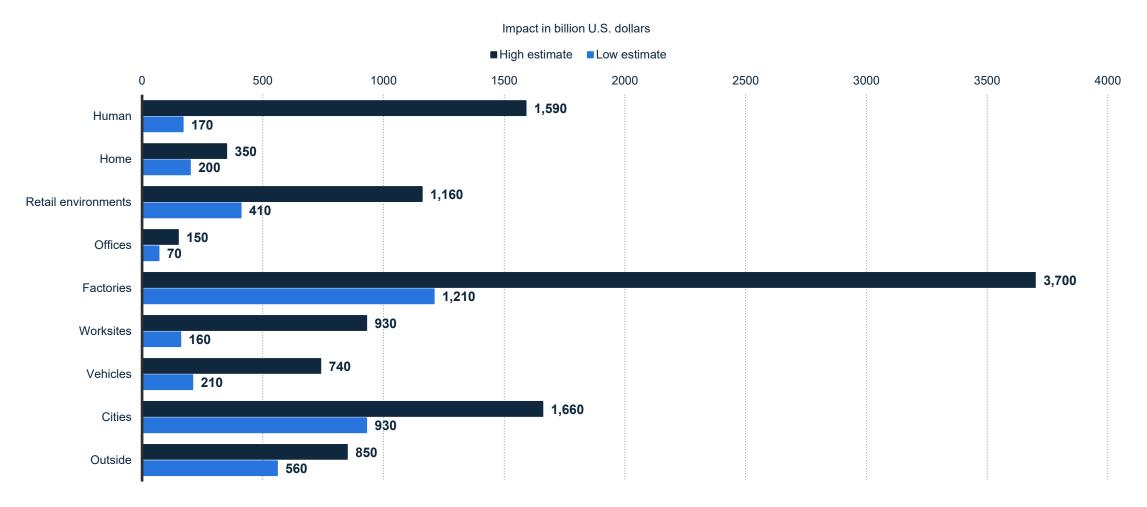
Internet of Things subsystems revenue worldwide 2012-2018



Izvor: Statista

### Forecast economic impact of the Internet of Things (IoT) in 2025 (in billion U.S. dollars)

IoT economic impact forecast 2025, by sector



Izvor: Statista

### Laboratorij za Internet stvari

http://www.iot.fer.hr/









#### Projekti

<u>IoT-polje: Ekosustav umreženih uređaja i usluga za Internet stvari s primjenom u poljoprivredi</u>

istraživački projekt financiran sredstvima ESIF Suradne insitucije: FERIT Osijek i Poljoprivredni institut Osijek voditelj: prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko (03/2020. – 02/2023.)

<u>Pametne usluge usmjerene čovjeku u interoperabilnim i decentraliziranim okolinama Interneta stvari (IoT4us)</u> istraživački projekt HRZZ broj 1986

voditelj: prof. dr. sc. Ivana Podnar Žarko (2020.-2023.)

Razvoj agrometeorološke platforme i mreže IoT uređaja tvrtke Pinova d.o.o., istraživački projekt IRI II voditelj: prof. dr. sc. Mario Kušek (09/2020. – 08/2023.)



### Novi projekt: Horizon Europe



Trajanje: 01/2023-12/2025

No.	Participant Logo	Participant organisation name	Short Name	Country
1 (CO)	Faculty of Electrical Engineering and Computing	University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing	UNIZG- FER	Croatia
2	RI. SE	RISE Research Institutes of Sweden AB	RISE	Sweden
3	TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN	Technische Universität Wien	TUW	Austria
4	Technische Universität Berlin	Technische Universität Berlin	TUB	Germany

